

**Список литературы:** 1. Мамедов З.Г., Тагиев Э.А., Каграманов И.К. Влияние поверхностного упрочнения на износостойкость рабочих деталей штампов холодного деформирования. – Кузнечно-штамповочное производство. 1980, № 4, с. 21-22. 2. Аксенов Л.Б., Петров В.М., Кудряшов А.Е. Повышение износостойкости штампов из стали 5ХНМ методом электроискрового легирования. – Кузнечно-штамповочное производство. 2011, № 2, с. 33 – 38. 3. Тимошенко В. А. Повышение износостойкости разделительных штампов. – Кузнечно-штамповочное производство. 2000, № 12, с. 22. 4. Тимошенко В.А., Брухис М.М. Исследование влияния шероховатости поверхности контактной зоны разделительных штампов на их износостойкость. – Вестник машиностроения. 1988, № 3, с. 44-47. 5. Коваленко О. А. Исследование влияния исходной шероховатости инструмента, упрочняемого электроискровым легированием на износостойкость штампового инструмента. – Сборник научных трудов Донбасского государственного технического университета. Алчевск, 2011, № 35, с. 228-234. 6. Луценко В.А., Коваленко О.А., Боровик П.В. Анализ напряженного состояния поверхности разделительного инструмента после упрочнения электроискровым легированием. – Сборник научных трудов «Обработка материалов давлением». ДДМА, Краматорск, 2011, № 1 (26), с. 227-231. 7. Луценко В. А., Коваленко О.А., Боровик П.В. Кончено – элементное моделирование разделительных операций листовой штамповки. – Сборник научных трудов «Обработка материалов давлением». ДДМА, Краматорск, 2011, № 3 (24), с. 15-19. 8. Боровик П. В., Коваленко О.А. Оценка механических свойств упрочненного слоя для исследования напряженно – деформированного состояния рабочей поверхности разделительных штампов. –Сборник научных трудов «Обработка материалов давлением». ДДМА, Краматорск, 2011, № 4 (29), с. 192-197. 9. Киффер Р. Твердые сплавы. – М. Металлургия, 1971, 388 с.

Надійшла до редколегії 25.10.12

УДК 621.73.06-52

**Анализ исходной шероховатости рабочей поверхности инструмента при упрочнении ванадием методом электроискрового легирования / Коваленко О. А. Боровик П. В. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2012. – №46(952). – С. 66-71. – Бібліограф.: 9.**

В результаті обробки експериментальних даних по визначенню якості поверхневих шарів сталі У8А, зміцненої електроіскровим легуванням, отримані залежності механічних властивостей зміцненої поверхні, глибини шару від початкової шорсткості поверхні до нанесення покриття. При проведенні моделювання напружено – деформованого стану робочих кромок розділових штамів методом кінцевих елементів отримані залежності напруг, які виникають на поверхні ріжучих кромок розділових штамів при різній початковій шорсткості.

**Ключові слова:** шорсткість поверхні, напружено – деформований стан, мікротвердість, модуль нормальної пружності, зміцнення електроіскровим легуванням, глибина шару.

As a result of experimental data processing for determination the quality of superficial layers for steel grade У8А hardened by the electric spark alloying, there were obtained the relations of mechanical properties of the hardened surface, depths of layer depending on the initial roughness of surface up to over coating. When modeling the stress-strain state of working edges of dividing stamps using the method of finite elements the stress relation curves are obtained which appear on the surface of cutting edges of dividing stamps at different initial roughness.

**Keywords:** roughness of surface, tensely-deformed state, microhardness, module of normal resiliency, work-hardening electric spark alloying, depth of layer.

УДК 621.73

**В. В. КУХАРЬ**, канд. техн. наук, доц., ГВУЗ «ПГТУ», Мариуполь;  
**Б. С. КАРГИН**, канд. техн. наук, проф., ГВУЗ «ПГТУ», Мариуполь;  
**Р. С. НИКОЛЕНКО**, магистрант, ГВУЗ «ПГТУ», Мариуполь

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМОИЗМЕНЕНИЯ ЗАГОТОВОК ПРИ ПРОФИЛИРОВАНИИ ВЫПУКЛЫМИ ПЛИТАМИ С ЭКСЦЕНТРИСИТЕТОМ НАГРУЗКИ**

Выполнено конечно-элементное моделирование процесса осадки выпуклыми плитами при фиксированном значении эксцентриситета осей заготовки и инструмента. Получены и проанализированы графические зависимости макропоказателей формоизменения профилированных заготовок от степени обжатия при установленном эксцентриситете и различных величинах отношения радиуса выпуклости плит к диаметру заготовки.

© В. В.Кухарь, Б. С. Каргин; Р. С. Николенко, 2012

**Ключевые слова:** заготовка, профилирование, выпуклые плиты, эксцентриситет, формоизменение, макропоказатели.

**Введение.** Максимальное приближение формы заготовки к форме готового изделия, т.е. предварительное профилирование, позволяет значительно сократить потери материала в облой, снизить затраты на последующую механическую обработку, а также повысить стойкость штампового инструмента. Наиболее актуальными вопросы профилирования заготовок остаются для процессов горячей объёмной штамповки, в которых штампы, подвергаясь интенсивному ударно-абразивному износу, воздействию высоких температур и давлений, работают в весьма неблагоприятных условиях [1]. Подготовка формы заготовки позволяет перераспределить силовые режимы по переходам, улучшить заполнение ручьев, снизить контактные давления, обеспечив лучшее напряженно-деформированное состояние инструмента. Введение предварительного профилирования позволяет в 1,4...2 раза повысить стойкость окончательных ручьев [1]. Кроме того, выбранный способ профилирования заготовки должен быть экономически целесообразным и соответствовать требованиям быстрой перестройки структуры технологических процессов на новую номенклатуру изделий без использования дополнительного специализированного оборудования.

С данной точки зрения наиболее перспективным направлением является развитие способов профилирования на основном штамповочном оборудовании, причем на кривошипных горячештамповочных прессах (КГШП) использование подготовительно-заготовительных переходов особо затруднено из-за постоянства величины рабочего хода главного исполнительного механизма. В настоящее время разработан ряд бесштамповых технологий подготовки заготовок под объемную штамповку [2], в частности основанных на, процессах осадки выпуклыми плитами, которые дают хорошие результаты при производстве поковок пластин, пластин с отростками и со сложной формой поперечного сечения.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Применение осадки выпуклыми сферическими плитами известно в процессахковки [3], когда данная операция способствует улучшению проработки внутренних слоёв слитков. Осадка выпуклыми продолговатыми плитами достаточно изучена как с точки зрения развития формоизменения [4], так и с точки зрения изменений напряженно-деформированного состояния [5]. Технологии, включающие осадку выпуклыми плитами, успешно использованы в промышленности [6], однако номенклатура изделий, под которые данный способ профилирования оптимально подходит, не является распространенной. Для расширения технологических возможностей заготовительных операций, выполняемых на КГШП, предложено рассмотреть процесс осадки выпуклыми продолговатыми плитами с эксцентриситетом их внедрения в торец цилиндрической заготовки. В работе [7] начато исследование процесса осадки заготовок выпуклыми плитами с приложением эксцентриситета нагрузки. В частности изучено развитие напряженно-деформированного состояния при осадке заготовок с отношением высоты ( $H_0$ ) к диаметру ( $D_0$ )  $H_0 / D_0 = 1,0$  плитами с радиусом выпуклости  $R = 30$  мм, 50 мм, 75 мм, 112,5 мм, т.е. с отношением  $R / D_0 = 0,6; 1,0; 1,5$  и 2,25. Однако, для ориентировки подготовительной операции на последующее окончательное формоизменение заготовки необходимо комплексное исследование закономерностей развития неравномерности деформации.

**Цель исследований и постановка проблемы изучения.** Целью работы является изучение влияния величины радиуса выпуклых осадочных цилиндрических плит при осадке с фиксированным эксцентриситетом внедрения данных плит в торец заготовки на формоизменение с точки зрения определения номенклатуры штампуемых изделий.

**Изложение основного материала.** Исследование проводили с использованием пакета для конечно-элементного анализа Deform 3D. Объектом моделирования был процесс осадки цилиндрической заготовки с диаметром  $D_0 = 50$  мм и высотой  $H_0 = 50$  мм (отношение  $H_0 / D_0 = 1,0$ ). Материал заготовки – сталь 45, при этом модель упрочнения, также как и граничные условия, взяты в соответствии с условиями, предложенными программой. Температурные условия принимали изотермическими, температура деформации 1100 °С. Заданное количество конечных элементов составляло 10000 шт., однако, после генерации сетки, количество элементов было принято 7847 шт. Коэффициент контактного трения при деформации, согласно рекомендациям источника [8], принимаем  $f = 0,3$ . В связи с тем, что результаты моделирования в широком диапазоне отношений радиуса осадочных плит  $R$  к диаметру заготовки  $D_0$  предполагается проверить экспериментально путём осадки на испытательной машине, скорость деформирования принята  $v = 1$  мм/с.

Моделировали процесс осадки до относительных степеней обжатия  $\varepsilon_h = (\Delta h / H_0) \times 100 \% = 70 \%$ , где  $\Delta h = (H_0 - H)$  – величина хода инструмента (абсолютное обжатие), мм. Значение эксцентриситета при осадке принимали  $e = 12,5$  мм (рис. 1). Для исследования формоизменения заготовок предложена схема контролирования конечных размеров заготовки (рис. 2). Отношения конечных геометрических размеров заготовки являются безразмерными макропоказателями, характеризующими развитие неравномерности деформации в продольном, поперечном и высотном направлениях. За основные макропоказатели приняты (см. рис. 2):  $H_1/H_0$ ;  $H_2/H_0$ ;  $H_1/H_2$ ;  $D_3/D_0$ ;  $D_3/D_3'$ ;  $d/D_3$ , где  $H_1$  и  $H_2$  – высота краевых участков полуфабриката после осадки,  $D_3$  и  $D_3'$  – диаметры полуфабриката по длине и ширине после осадки,  $d$  – ширина приторцевой зоны между точками  $A_1$  и  $A_2$  (см. рис. 2).

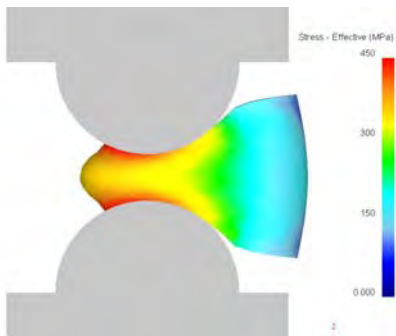


Рис. 1. - Осадка выпуклыми плитами с эксцентриситетом нагрузки (распределение напряжений)

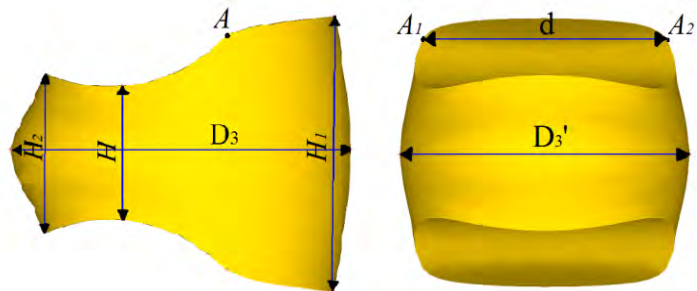


Рис. 2. – Твёрдотельная модель осажённой заготовки и схема контролирования размеров

Исследования проводили в диапазоне  $\varepsilon_h$  от 20 % до 70 %. Для определения влияния величины радиуса  $R$  выпуклости осадочных плит на параметры формоизменения принимали значения  $R = 30$  мм; 50 мм; 75 мм и 112,5 мм, т.е. относительный радиус составлял  $R / D_0 = 0,6$ ; 1,0; 1,5 и 2,25. Результаты моделирования изменения принятых макропоказателей в процессе осадки выпуклыми плитами с различным отношением и эксцентриситетом нагрузки  $e = 12,5$  мм представлены на рис. 3.

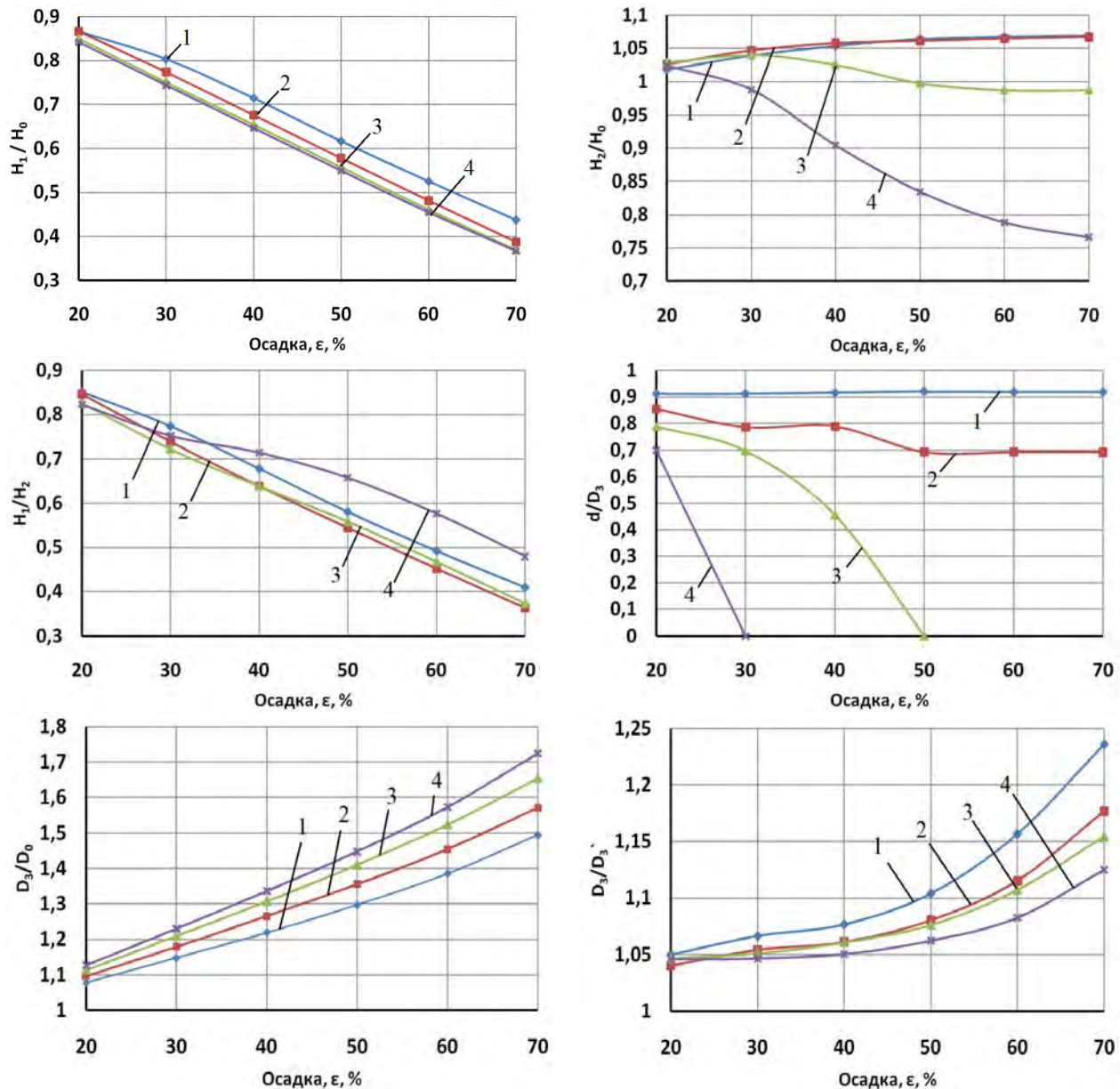


Рис. 3. – Зависимости макропоказателей формоизменения при осадке заготовок:  
 1 –  $R/D_0 = 0,6$ ; 2 –  $R/D_0 = 1,0$ ; 3 –  $R/D_0 = 1,5$ ; 4 –  $R/D_0 = 2,25$

График зависимости  $H_1/H_0 = f(R/D_0; \epsilon_h)$  при  $e = 12,5$  мм показывает, что при значениях  $R/D_0 > 1,5$  влияние радиуса выпуклости плит на изменение данного макропоказателя при осадке до  $\epsilon_h = 70$  % является незначимым, а течение металла направлено в сторону противоположную эксцентриситету нагрузки. В тоже время показатель, характеризующий деформацию левой части при соотношении  $R/D_0 = 1,5$  и  $2,25$  начинает расти, как показывает график зависимости  $H_2/H_0 = f(R/D_0; \epsilon_h)$ . Кривые графика зависимости  $H_1/H_2 = f(R/D_0; \epsilon_h)$  при  $e = 12,5$  мм свидетельствуют о том, что интенсивность течения металла от эксцентриситета является большей при  $R/D_0 = 2,25$ . Это приведёт к более плотному прилеганию тоцов полуфабриката к поверхности выпуклых плит, см. рис. 3, зависимость  $d/D_3 = f(R/D_0; \epsilon_h)$ .

По результатам анализа формоизменения предложена схема производства деталей типа “пластина”, “пластина с отростками”, поковок со сложной формой поперечного сечения: заготовка → предварительное профилирование → ковка (рис. 4).



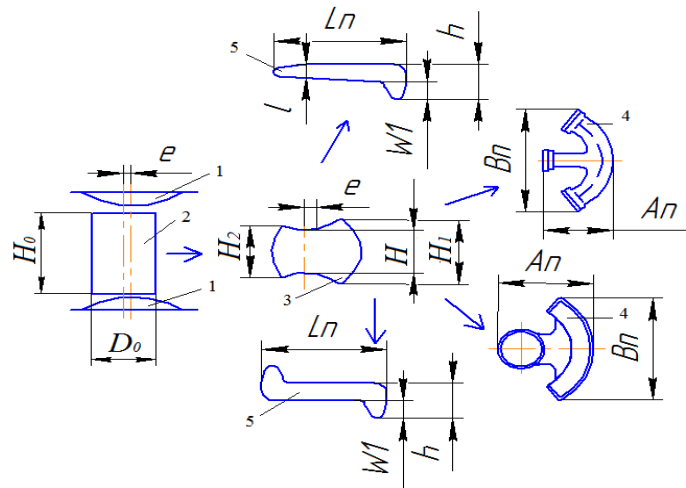


Рис.4. – Варианты штамповки поковок с предварительным профилированием заготовки осадкой выпуклыми продолговатыми плитами с эксцентриситетом: 1 – осадочные плиты с радиусом выпуклости  $R$ ; 2 – исходная заготовка; 3 – профилированная заготовка (размеры  $H$ ,  $H_1$  и  $H_2$ ); 4 – поковка без облоя (габариты  $A_n$  и  $B_n$ ); 5 – пластина с отрезками;  $e$  – эксцентриситет оси плит и оси заготовки

На приведенной схемековки изображены без облоя.

**Выводы.** Таким образом, с использованием МКЭ изучено основные закономерности формоизменения при осадке выпуклыми продолговатыми плитами с эксцентриситетом внедрения в торцы заготовок. Предложены макропоказатели, характеризующие неравномерность деформации заготовки при изучаемом способе профилирования. Выявлено, что увеличение радиуса выпуклости плит приводит к возрастанию площади контакта деформированной заготовки с радиусными бойками.

Перспективным направлением исследований процесса осадки выпуклыми продолговатыми плитами с эксцентриситетом приложения нагрузки является изучение и аналитическое описание закономерностей формоизменения заготовки при предварительном профилировании с точки зрения разработки методики расчета переходов штамповки, а также оценка преимуществ профилирования, связанных со снижением опасных напряжений в штамповых ручьях для окончательных переходов.

**Список литературы.** 1. Довнар С.А. Термомеханика упрочнения и разрушения штампов объемной штамповки / С.А. Довнар. – М.: Машиностроение, 1975. – 254 с. 2. Гринкевич В.А. Бесштамповое профилирование на прессах с повышением точности формоизменения на окончательных операциях / В.А. Гринкевич, В.В. Кухарь, К.К. Диамантопуло // Кузнечно–штамповочное пр-во. Обработка материалов давлением. – 2010. – № 5. – С. 19–23. 3. Тарновский И.Я. Свободная ковка на прессах / И.Я. Тарновский, В.Н. Трубин, М.Г. Златкин – М.: Машиностроение, 1967. – 328 с. 4. Кухарь В.В. Моделирование формоизменения металла при осадке цилиндрических заготовок выпуклыми продолговатыми плитами / В.В. Кухарь, С.А. Короткий, В.А. Бурко // Вісник Хмельницького нац. ун-ту. – Хмельницький, 2008. – № 5. – С. 204–208. 5. Кухарь В.В. Влияние радиусности выпуклых продолговатых осадочных плит на деформированное состояние и степень использования запаса пластичности при кузнечной осадке / В.В. Кухарь // Обработка материалов давлением: сб. науч. тр. / ДГМА. – Краматорск, 2012. – № 1 (30). – С. 105–111. 6. Совершенствование технологии штамповки на КГШП поковок для деталей поглощающих аппаратов / В.В. Кухарь, В.А. Бурко, С.А. Короткий, Е.Ю. Балалаева // Обработка материалов давлением: сб. науч. тр. / ДГМА. – Краматорск, 2010. – № 3 (24). – С. 69–75. 7. Кухарь В.В. Исследование напряженно-деформированного состояния заготовок при профилировании выпуклыми плитами с эксцентриситетом нагрузки / В.В. Кухарь, Р.С. Николенко // Проблеми трибології (Problems of Tribology). – 2012. – № 3. – С. 132–136. 8. Грудев А.П. Трение и смазки при обработке металлов давлением: справочник / А.П. Грудев, Ю.В. Зильберг, В.Т. Тилик. – М.: Металлургия, 1982. – 312 с.

Надійшла до редколегії 19.10.2012

УДК 621.73

**Исследование формоизменения заготовок при профилировании выпуклыми плитами с эксцентриситетом нагрузки / Кухарь В. В., Каргин Б. С.; Николенко Р. С. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – 2012. – № 46(952). – С. 71 – 76. Бібліогр.: 8 назв.**

Виконано скінчено-елементне моделювання процесу осаджування опуклими плитами при фіксованому значенні эксцентриситету осей заготовки та інструмента. Отримано та проаналізовано графічні залежності макропоказників формозміни профільованої заготовки від ступеня обтиснення при встановленому эксцентриситеті та різних величинах відношення радіуса опуклості плит до діаметра заготовки.

**Ключові слова:** заготовка, профілювання, опуклі плити, эксцентриситет, формозміна, макропоказники.

Finite-element simulation of the process of upsetting by convex plates at the fixed value of the eccentricity of the axes of the billet and the tool was made. Graphics depending of macroindexes of deformation of profiled workpiece from the degree of reduction with the curtailed eccentricity and different values of the relations of the radius of convexity of plates to the diameter of the billets are obtained and analyzed.

**Keywords:** billet, profiling, convex plates, eccentricity, formchanging, macroindexes.

УДК 621.983.3.001 – 621.983.7.004

**В. О. МАКОВЕЙ**, канд. техн. наук, доц., НТУУ “КПІ”, Київ

**П. Ю. ПРОЦЕНКО**, аспірант, НТУУ “КПІ”, Київ

### **РОЗРАХУНКОВО-АНАЛІТИЧНИЙ АНАЛІЗ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ТРУБ ПРИ ОБКОЧУВАННІ**

В роботі розглянуто процеси закручування поршня і шатуна та обкочування гвинтоподібної труби. Проведено моделювання напружено-деформованого стану методом скінчених елементів в програмі Deform 3D. Встановлено, що локалізація пластичної деформації відбувається в зонах радіусів скруглень ролика, при цьому виникає неоднорідне НДС.

**Ключові слова:** напружено-деформований стан, жорсткість напруженого стану, інтенсивність деформацій, інтенсивність напружень

**Вступ.** За допомогою технологічного процесу обкочування труб, розкочування заготовок одержують різні порожнисті вісесиметричні металовироби. Зазначені процеси поєднує механізм деформації, а саме: у них реалізується дві деформації стиску і одна – розтягу. Така механічна схема деформації створює сприятливі умови для пластичної деформації, тому що утруднюються міжкристалічні зсуви, що призводять до порушення механічних зв'язків, і пластична деформація протікає в основному за рахунок внутрішньо кристалічних зсувів [1].

**Аналіз останніх досліджень.** Процес обкочування зводиться до пластичної зміни форми шляхом переміщення малих об'ємів металу. При цьому відбувається зменшення поперечного перерізу і відповідного йому подовження заготовки за рахунок переміщення металу вздовж осі в двох протилежних напрямках. Застосування обкочування в якості методу обробки можливе для матеріалів, що піддаються не тільки значній пластичній деформації, але і мають крихкість. Холодна деформація, що відбувається при обкочуванні, у значній мірі впливає на зміну фізико-механічних властивостей металу. Відбувається зміцнення металу, що підвищує його всі механічні характеристики.

© В. О. Маковей, П. Ю. Проценко, 2012